

明 細 書

光受信器およびその識別閾値生成方法

技術分野

- [0001] 本発明は、光受信器に関するものであり、特に、バースト状の光信号を伝送するPON(Passive Optical Network)システムに好適な光受信器およびその識別閾値生成方法に関するものである。

背景技術

- [0002] 従来のPONシステムに適用される光受信器として、例えば下記特許文献1に示されたバーストデジタル光受信器が存在する。この光受信器は、受信したバーストデジタル光信号を電気信号に変換する光電変換素子と、この電気信号を所定のレベルまで増幅した差動出力の第1の正相信号および第1の逆相信号を出力するプリアンプ(前置増幅器)と、第1の正相信号の値と第1の逆相信号をピークホールドした値との2値平均値をとった第2の正相信号、および第1の逆相信号の値と信号時は第1の正相信号をピークホールドした値で無信号時はこの値より高い値にセットしたオフセット電圧の値との2値平均値をとった第2の正相信号と逆相関係にある第2の逆相信号を出力する自動閾値制御(ATC:Auto Threshold Control)回路と、第2の正相信号および第2の逆相信号から、バーストデジタル光信号の無信号時は論理値“0”を確定し、信号時はバーストデジタル光信号の振幅値の中間値で論理判断し論理値“1”および“0”を出力する識別器と、を備えるように構成されている。
- [0003] この光受信器にあつては、まず、光電変換素子に接続される前置増幅器は、光電気変換素子からの光出力信号レベルを高速にピーク検波した検波レベルに応じて自身の利得を制御する。また、この前置増幅器の出力側に接続される自動閾値制御回路は、前置増幅器から出力された差動出力信号の信号出力と、ピーク検出(PD)およびボトム検出(BD)とを行った2つの検出出力に基づいて生成された選択回路出力と、を平均化した識別出力(レベル)を後段の識別器に入力するようにしている。
- [0004] 特許文献1:特開平9-181687号公報

発明の開示

発明が解決しようとする課題

- [0005] しかしながら、実際のバースト発光には過渡応答が必然的に生ずるため、過渡応答に起因して変動する過渡応答振幅に反応した検波出力レベルによって、利得切り替えが必要でないのにも関わらず利得切り替えが行われてしまう可能性が高く、また、自動閾値制御回路が過渡応答振幅に追従した閾値を生成するので、誤った識別レベルが生成されてしまう可能性が高いといった問題点があった。
- [0006] 本発明は、上記に鑑みてなされたものであって、受光信号に過渡的な応答があっても、意図しない利得の切替および誤った識別レベルの生成を防止し、過渡的な応答がない場合と同等の識別レベルを生成可能な光受信器およびその識別閾値生成方法を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

- [0007] 上述した課題を解決し、目的を達成するため、本発明にかかる光受信器は、受光信号を電流信号に変換する受光素子の出力を電圧変換増幅する前置増幅部と、前置増幅部の出力信号を入力信号とし、該入力信号に基づいて生成した閾値に基づいて該入力信号の信号識別を行う識別回路を具備する識別再生部と、を備えた光受信器において、前記前置増幅部は、自身の出力信号の平均値を検出する第1の平均値検出回路を備え、該第1の平均値検出回路の出力と所定の基準電圧との比較出力に基づいて自身の増幅利得を制御し、前記識別再生部は、前記識別回路への入力信号の平均値を検出する第2の平均値検出回路を備え、該第2の平均値検出回路の出力を入力信号の信号識別を行う閾値として該識別回路に出力することを特徴とする。

発明の効果

- [0008] 本発明にかかる光受信器によれば、前置増幅部は、自身の出力信号の平均値を検出する第1の平均値検出回路の出力と所定の基準電圧との比較出力に基づいて自身の増幅利得を制御し、識別再生部は、識別回路への入力信号の平均値を検出する第2の平均値検出回路の出力を入力信号の信号識別を行う閾値として識別回路に出力するようにしているので、前置増幅部における意図しない利得切替が防止され、識別再生処理を誤ることのない閾値レベルを生成することができるという効果を

奏する。

図面の簡単な説明

[0009] [図1]図1は、本発明の実施の形態1にかかる光受信器の構成を示すブロック図である。

[図2-1]図2-1は、従来技術が適用された光受信器における過渡応答を考慮しない場合の動作を説明するための図である。

[図2-2]図2-2は、従来技術が適用された光受信器における過渡応答を考慮した場合の動作を説明するための図である。

[図3]図3は、実施の形態1の光受信器における過渡応答を考慮した場合の動作を説明するための図である。

[図4]図4は、本発明の実施の形態2にかかる光受信器の構成を示すブロック図である。

[図5]図5は、本発明の実施の形態3にかかる光受信器の動作を説明するための図である。

[図6]図6は、本発明の実施の形態4にかかる光受信器の動作を説明するための図である。

符号の説明

- [0010]
- 1 受光素子
 - 2 前置増幅部
 - 3 識別再生部
 - 6 AGC部
 - 7 ATC部
 - 12 反転増幅器(AMP)
 - 13 帰還抵抗(Rf)
 - 14, 19 平均値検出回路
 - 15 基準電圧
 - 16, 22 比較回路
 - 17 帰還抵抗駆動回路

18, 21 識別回路

23 S/H回路

24 制御信号

25 オフセット調整回路

26 バッファ部

発明を実施するための最良の形態

[0011] 以下に、本発明にかかる光受信器およびその識別閾値生成方法の好適な実施の形態を図面に基づいて詳細に説明する。なお、この実施の形態により本発明が限定されるものではない。

[0012] 実施の形態1.

図1は、本発明の実施の形態1にかかる光受信器の構成を示すブロック図である。同図に示す光受信器は、光信号を受光する受光素子1と、受光素子1の出力電流が入力され、入力された電流信号を電圧信号に変換して出力する前置増幅部2と、前置増幅部2の出力電圧が入力され、入力された出力電圧の電圧レベルを識別する識別再生部3と、を備えている。また、その細部構成として、前置増幅部2のバッファ部26は、トランスインピーダンスアンプ(以下「TIA」と略記)5と、自動利得制御部(以下「AGC部」と略記)6と、を備えるように構成される。一方、識別再生部3は、所定の閾値レベルを生成して出力する自動閾値制御部(以下「ATC部」と略記)7と、自身への入力信号とATC部7の出力に基づいて入力信号(レベル)の識別を行う識別回路18と、を備えるように構成される。

[0013] さらに、その細部構成として、TIA5は、反転増幅器12および帰還抵抗(Rf)13を具備し、AGC部6は、前置増幅部2の出力レベルの平均値を検出する平均値検出回路14、平均値検出回路14の出力レベルと基準電圧(Vref)15とを比較する比較回路16、帰還抵抗(Rf)の抵抗値を可変制御する帰還抵抗(Rf)駆動回路17および帰還抵抗(Rf)13を具備する。なお、帰還抵抗13は、電流信号を電圧信号に変換する変換作用および反転増幅器12の利得制御作用の両作用を有するため、上記のようにTIA5およびAGC部6のそれぞれの構成要素に含めている。

[0014] つぎに、図1に示した光受信器の動作について説明する。同図において、受光素

子1により受光された光信号は、電流信号に変換された後、TIA5によって電圧信号に変換増幅される。その後、第1の平均値検出回路である平均値検出回路14により出力振幅の平均値が連続的に検出され、基準電圧15との差電圧が比較回路16により生成される。帰還抵抗駆動回路17は、比較回路16の出力信号に基づいて帰還抵抗13の値を駆動(可変制御)する。このような制御によって、例えば、TIA5の出力振幅が基準電圧15より大きい場合には、基準電圧15で決定される振幅となるようなAGC制御が行われる。

[0015] また、識別再生部3では、ATC部7から識別回路18への出力として、第2の平均値検出回路である平均値検出回路19により所定の閾値電圧が生成出力される結果、受光素子1の受光電力に応じた識別レベルに基づいて、上述の識別再生処理が行われる。

[0016] ところで、現実の光バースト信号には、上述の課題で述べたように過渡応答によって生じた振幅変動成分が存在する。そこで、つぎに、従来技術が適用された光受信器における過渡応答動作について説明する。

[0017] まず、過渡応答を考慮しない(過渡応答が存在しないと仮定した)場合の光受信器における動作について図2-1を参照して説明する。なお、図2-1は、従来技術が適用された光受信器における動作(過渡応答を考慮しない場合の理想的動作)を説明するための図である。なお、図2-1および後述する図2-2における各動作説明は、従来技術が適用された一般的構成の光受信器を想定するものとする。

[0018] 図2-1において、同図(a)は過渡応答を考慮しない(過渡応答が存在しないと仮定した)場合の理想的な光信号波形を示す図である。この光信号が受光素子にて電流信号に変換されて前置増幅部に入力されると、バースト信号の先頭パルスが、AGCが動作するときのレベル(レベル1)を超えているため、AGC利得が瞬時に低減されて出力振幅が制限される(同図(b))。一方、出力振幅が制限された前置増幅部の出力信号が識別再生部に入力されると、識別再生部3では、ATCが動作し、識別のための閾値レベルが信号パルスの上限レベル(「High」レベル)と下限レベル(「Low」レベル)との中間レベルに設定される(同図(c))。このように、従来技術が適用された一般的構成の光受信器において、過渡応答を考慮しない場合の通常動作では、

利得切替が必要なときにAGCが動作し、ATC部も自身への入力信号振幅に応じた識別レベルを生成するように動作する。したがって、従来技術が適用された一般的構成の光受信器では、過渡応答が存在しない場合の動作を考える限りにおいて、問題点の存在を見いだし難いといえることができる。

[0019] つぎに、過渡応答を考慮した(過渡応答が存在すると仮定した)場合の光受信器における動作について図2-2を参照して説明する。なお、図2-2は、従来技術が適用された光受信器における過渡応答を考慮した場合の動作を説明するための図である。

[0020] 図2-2において、同図(a)は過渡応答を考慮した場合の光信号波形を示す図である。この光信号が受光素子にて電流信号に変換されて前置増幅部に入力されると、同図(b)に示す例では、バースト信号の第2パルスが、AGCが動作するときのレベル(レベル1)を超えているため、AGC利得が低減されて出力振幅が制限される。なお、同図(b)において、実線で示される波形はAGCが動作した場合の波形であり、一方、波線で示される波形はAGCが動作しないと仮定した場合の波形である。同図(b)が示すように、過渡応答が存在する場合には、AGCを動作させる必要がない場合にもAGC動作が働いてしまう結果、意図しない出力振幅の低下が生じてしまうことになる。また、同図(c)はAGCが動作しない場合の前置増幅部の出力信号を示す波形である。この信号が識別再生部に入力されると、識別再生部では、ATCが動作し、識別のための閾値レベルが、例えばバースト信号の第3パルスの上限レベル(「High」レベル)と下限レベル(「Low」レベル)との中間レベルに設定される。このような閾値レベルが設定される場合、識別再生部3に入力されるバースト信号の第7パルス以降が誤って識別されることになる。なお、AGC動作を考慮(AGCが動作すると仮定)した場合には、識別再生部に入力される信号レベルがさらに低下するので、識別の誤り率はさらに劣化することになる。

[0021] このように、従来技術が適用された一般的構成の光受信器では、入力される光信号波形の過渡応答の程度如何によって、AGC部における意図しない利得切替が行われ、また、ATC部における意図しない閾値レベル(識別レベル)が生成されてしまうことがあり、識別レベルの設定を誤るといった問題点が存在していることが分かる。

- [0022] つぎに、本実施の形態の光受信器における過渡応答を考慮した(過渡応答が存在すると仮定した)場合の動作について図3を参照して説明する。なお、図3は、本実施の形態の光受信器における過渡応答を考慮した場合の動作を説明するための図である。
- [0023] 図3において、同図(a)は、図2-2(a)と同様な過渡応答を考慮した場合の光信号波形を示す図である。この光信号が図1の受光素子1にて電流信号に変換されて前置増幅部2に入力された場合、例えば図3(b)に示すように、バースト信号の第1パルス～第6パルスの出力レベルが、比較回路16に入力される一方の入力信号である基準電圧15を超えていても、比較回路16に入力される他方の入力信号である平均値検出回路14からの平均値出力が基準電圧15を超えないため、あるいは超えていてもAGC利得の減少量が小さいため、かかる過渡応答期間内では、AGCが殆ど変わらず、受光素子出力信号の信号波形が維持され、その結果、AGC部における意図しない利得切替が防止される。
- [0024] また、図3(b)に示す信号波形は前置増幅部2の出力波形として識別再生部3に入力される。識別再生部3では、ATC部7の平均値検出回路19が動作し、識別のための閾値レベルが、バースト信号の各パルスの上限レベル(「High」レベル)と下限レベル(「Low」レベル)との中間レベルに設定される。したがって、閾値レベルが各パルスの上限レベルと下限レベルとの略中央値(平均値)を追従するので、識別再生処理を誤ることのない閾値レベルが生成されることになる。
- [0025] 以上説明したように、この実施の形態の光受信器によれば、前置増幅部は、自身の出力信号の平均値を検出する第1の平均値検出回路の出力と所定の基準電圧との比較出力に基づいて自身の増幅利得を制御し、識別再生部は、識別回路への入力信号の平均値を検出する第2の平均値検出回路の出力を入力信号の信号識別を行う閾値として識別回路に出力するようにしているので、前置増幅部における意図しない利得切替が防止され、識別再生処理を誤ることのない閾値レベルを生成することができる。
- [0026] なお、この実施の形態では、帰還抵抗駆動回路の帰還抵抗制御に基づいてTIAの利得、すなわち前置増幅部の利得を制御する構成について示したが、この構成に

限定されるものではない。例えば、平均値検出回路と所定の基準電圧との比較結果に基づいて前置増幅部の利得を制御することができる構成であれば、本発明に包含されるものである。

[0027] 実施の形態2.

図4は、本発明の実施の形態2にかかる光受信器の構成を示すブロック図である。同図に示す光受信器の識別再生部3は、実施の形態1の識別回路21の構成に代えて、正相出力と逆相出力とを出力する識別回路21を備える一方で、さらに、識別回路21の両相出力間の差電圧を発生する第2の比較回路である比較回路22と、制御信号24の信号レベルに基づいて比較回路22の出力(差電圧)を保持するか、次段回路に出力するかを制御するサンプル・ホールド回路(以下「S/H回路」と表記)23と、S/H回路23の出力に基づいて生成したオフセット調整信号をATC部7に出力するオフセット調整回路25と、を備えるように構成されている。また、ATC部7は、実施の形態1の構成において、平均値検出回路19の出力側に接続され、オフセット調整回路25の出力(オフセット調整信号)が入力されるバッファ部12をさらに具備し、バッファ部26の出力が識別回路21に入力されるように構成される。なお、その他の構成については、図1に示した実施の形態1の構成部と同一または同等であり、それらの構成部には同一符号を付して示し、その説明を省略する。また、以下の説明では、実施の形態1と異なる動作を中心に説明する。

[0028] つぎに、図4に示す識別再生部3の動作について説明する。この実施の形態にかかる識別再生部3の動作の特徴は、識別再生部3の初期オフセットが自動で最小となるように調整される点が実施の形態1と異なる。より詳細には、比較回路22は、識別回路21の正相出力と逆相出力との差電圧を発生してS/H回路23に出力する。ここで、S/H回路23には、制御信号24が入力されるが、この制御信号24は、サンプルモードおよびホールドモードからなるS/H回路23の動作モードを指示する。S/H回路23は、制御信号24の信号レベルがホールドモードを指示する場合には、サンプルした電圧を保持し、制御信号24の信号レベルがサンプルモードを指示する場合には、サンプルした電圧をオフセット調整回路25に出力する。なお、サンプルした電圧がオフセット調整回路25に出力されるとき、ATC部7のバッファ部26の出力

電圧がオフセット調整回路25の出力に基づいて変更され、識別回路の正相出力と逆相出力との電圧差が殆ど零となるようなフィードバックループがかかり、識別回路21およびATC部7の回路オフセット成分がキャンセルされる。また、この動作により、光受信器自身が有する、感度バラツキが低減される。

[0029] 以上説明したように、この実施の形態によれば、識別回路の各差動出力を比較した比較出力を保持または伝達するサンプル・ホールド回路の出力に基づいて第2の平均値回路の出力に含まれるオフセット成分を制御するようにしているので、識別回路の差動出力間の電圧差が殆ど零となるようなフィードバック制御が行われ、光受信器自身が有する感度バラツキを低減させることができる。

[0030] 実施の形態3.

図5は、本発明の実施の形態3にかかる光受信器の動作を説明するための図である。図4において、同図(a)は過渡応答が生じている光信号波形を有するバースト信号を示している。同図(b)は光受信器の各出力、すなわち実線部は、例えば識別回路21の正相出力を示し、破線部は、例えば識別回路21の逆相出力を示している。同図(c)は、S/H回路23に入力される制御信号24の制御信号波形の一例を示している。

[0031] この実施の形態の特徴は、図5(c)に示される制御信号24の出力態様にあり、電源投入後の無信号期間のみ、S/H回路23の動作モードがサンプルモードとなるような制御信号24が出力される。したがって、電源投入後の無信号期間の出力オフセットが最小化される。なお、電源投入後の無信号期間の出力オフセットを最小化しているので、電源投入後の無信号期間と同様な無信号期間(図5の例では、第1パケットと第2パケットとの間の第1パケット間、および第2パケット後の第2パケット間)においても、出力オフセット最小化状態を維持させることが可能となる。

[0032] 以上説明したように、この実施の形態によれば、オフセット調整回路によるオフセット制御を、電源投入後の無信号期間に行うようにしているので、出力オフセット最小化状態を効果的に維持することができる。

[0033] 実施の形態4.

図6は、本発明の実施の形態4にかかる光受信器の動作を説明するための図であ

る。実施の形態3では、S/H回路23の動作モードを電源投入後の無信号期間のみサンプルモードとなるように指示していたが、この実施の形態では、S/H回路23の動作モードを光信号の全ての無信号領域でサンプルモードとなるように指示している。なお、同図の例では、電源投入後の無信号期間がホールドモードとなるように設定されているが、無論、この期間の動作モードがサンプルモードとなるように設定されていてもよい。

[0034] ここで、光受信器が連続的に動作している場合には、出力オフセット成分が蓄積されて徐々に増大していく可能性がある。一方、この実施の形態では、S/H回路23の動作モードを光信号の全ての無信号領域がサンプルモードに設定されるで、出力オフセット成分の蓄積が抑止され、オフセット成分の経時的劣化あるいは経年劣化を低減することが可能となる。

[0035] 以上説明したように、この実施の形態によれば、オフセット調整回路によるオフセット制御を、受光信号間の無信号期間に行うようにしているので、出力オフセット成分の蓄積を抑止するとともに、オフセット成分の経時的劣化あるいは経年劣化を低減することができる。

産業上の利用可能性

[0036] 以上のように、本発明にかかる光受信器は、例えばバースト状の光信号を伝送するPONシステムなどに有用であり、特に、入力信号の過渡応答が問題となるような場合に適している。

請求の範囲

- [1] 受光信号を電流信号に変換する受光素子の出力を電圧変換増幅する前置増幅部と、前置増幅部の出力信号を入力信号とし、該入力信号に基づいて生成した閾値に基づいて該入力信号の信号識別を行う識別回路を具備する識別再生部と、を備えた光受信器において、
 前記前置増幅部は、自身の出力信号の平均値を検出する第1の平均値検出回路を備え、該第1の平均値検出回路の出力と所定の基準電圧との比較出力に基づいて自身の増幅利得を制御し、
 前記識別再生部は、前記識別回路への入力信号の平均値を検出する第2の平均値検出回路を備え、該第2の平均値検出回路の出力を入力信号の信号識別を行う閾値として該識別回路に出力することを特徴とする光受信器。
- [2] 前記識別再生部は、
 前記識別回路の同相出力および逆相出力の両出力を差動入力とする比較回路と、
 前記第2の平均値回路の出力を保持するバッファ回路と、
 該比較回路の出力を保持または伝達するサンプル・ホールド回路と、
 該サンプル・ホールド回路の出力に基づいて前記バッファ回路のオフセット成分を制御するオフセット調整回路と、
 をさらに備えたことを特徴とする請求項1に記載の光受信器。
- [3] 前記オフセット調整回路によるオフセット制御が、電源投入後の無信号期間に行われることを特徴とする請求項2に記載の光受信器。
- [4] 前記オフセット調整回路によるオフセット制御が、受光信号間の無信号期間に行われることを特徴とする請求項2に記載の光受信器。
- [5] 受光信号を電流信号に変換する受光素子の出力を電圧変換増幅する前置増幅部と、前置増幅部の出力信号を入力信号とし、該入力信号に基づいて生成した閾値に基づいて該入力信号の信号識別を行う識別回路を具備する識別再生部と、を備えた光受信器の識別閾値生成方法において、
 前記前置増幅部への入力信号の平均値を検出した第1の平均値検出力と所定の

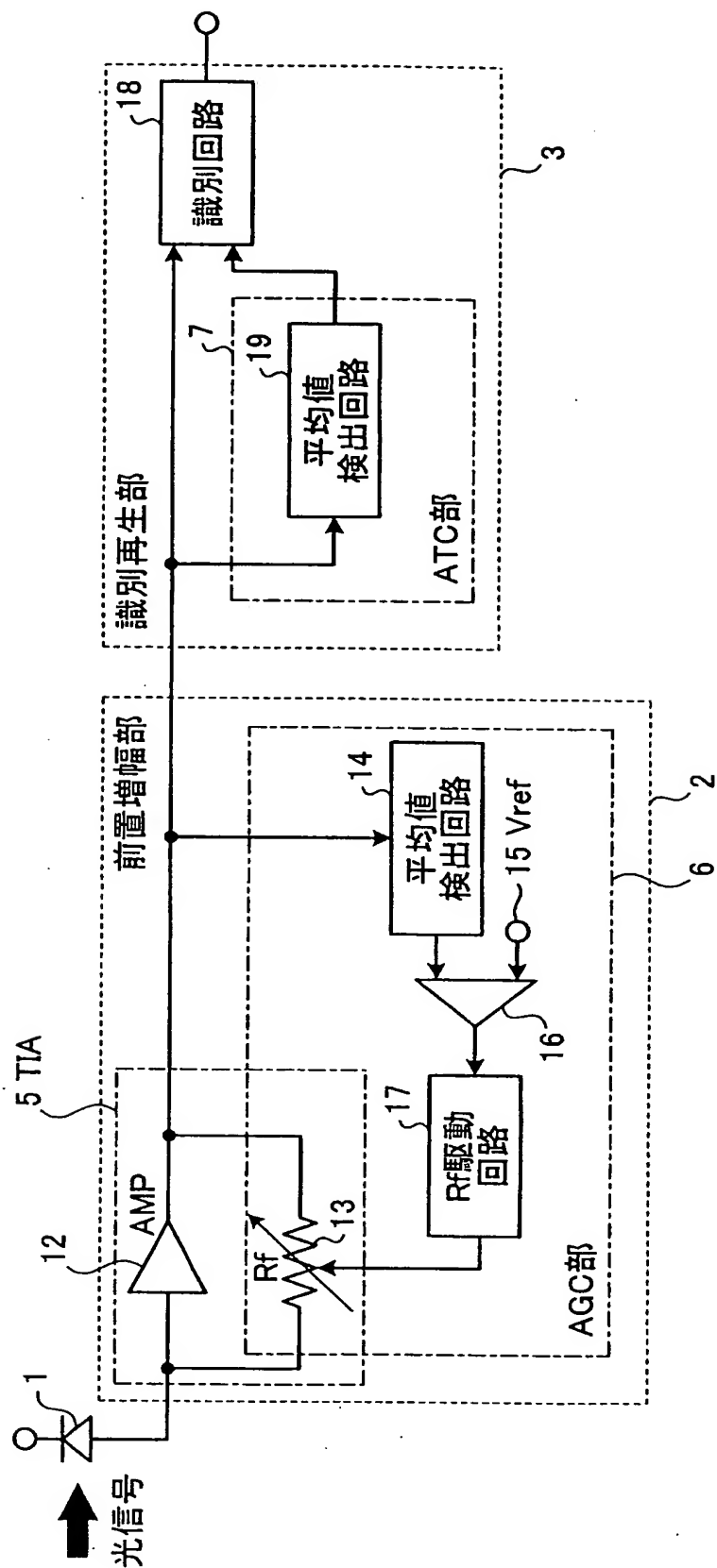
基準電圧との比較出力に基づいて自身の増幅利得を制御する利得制御ステップと、
前記識別回路への入力信号の平均値を検出した第2の平均値検出力を該入力信号の信号識別を行う閾値として該識別回路に生成出力する識別閾値生成出力ステップと、
を含むことを特徴とする光受信器の識別閾値生成方法。

要 約 書

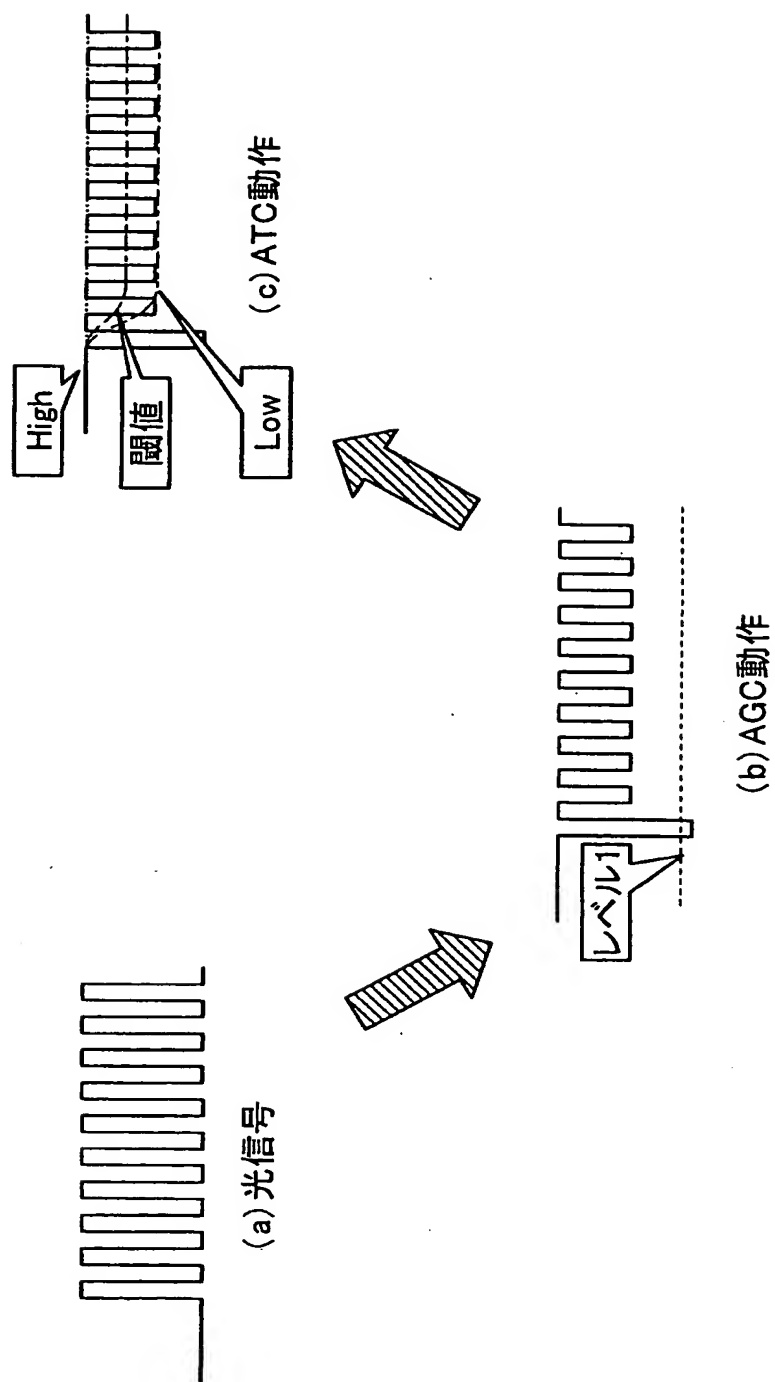
バースト状の光信号などを受信する光受信器において、受光信号に過渡的な応答がある場合の、意図しない利得の切替および誤った識別レベルの生成を防止すること。

受光素子の出力電流信号を電圧信号に変換かつ増幅する前置増幅部と、前置増幅部の出力信号を所定の閾値に基づいて入力信号レベルを識別する識別回路を具備する識別再生部と、を備えた光受信器において、前置増幅部には、自身の出力信号の平均値を検出する第1の平均値検出回路が具備され、第1の平均値検出回路の出力と所定の基準電圧との比較出力に基づいて自身の増幅利得が制御される。また、識別再生部には、入力信号の平均値を検出する第2の平均値検出回路が具備され、第2の平均値検出回路の出力が信号識別を行うための閾値として識別回路に出力される。

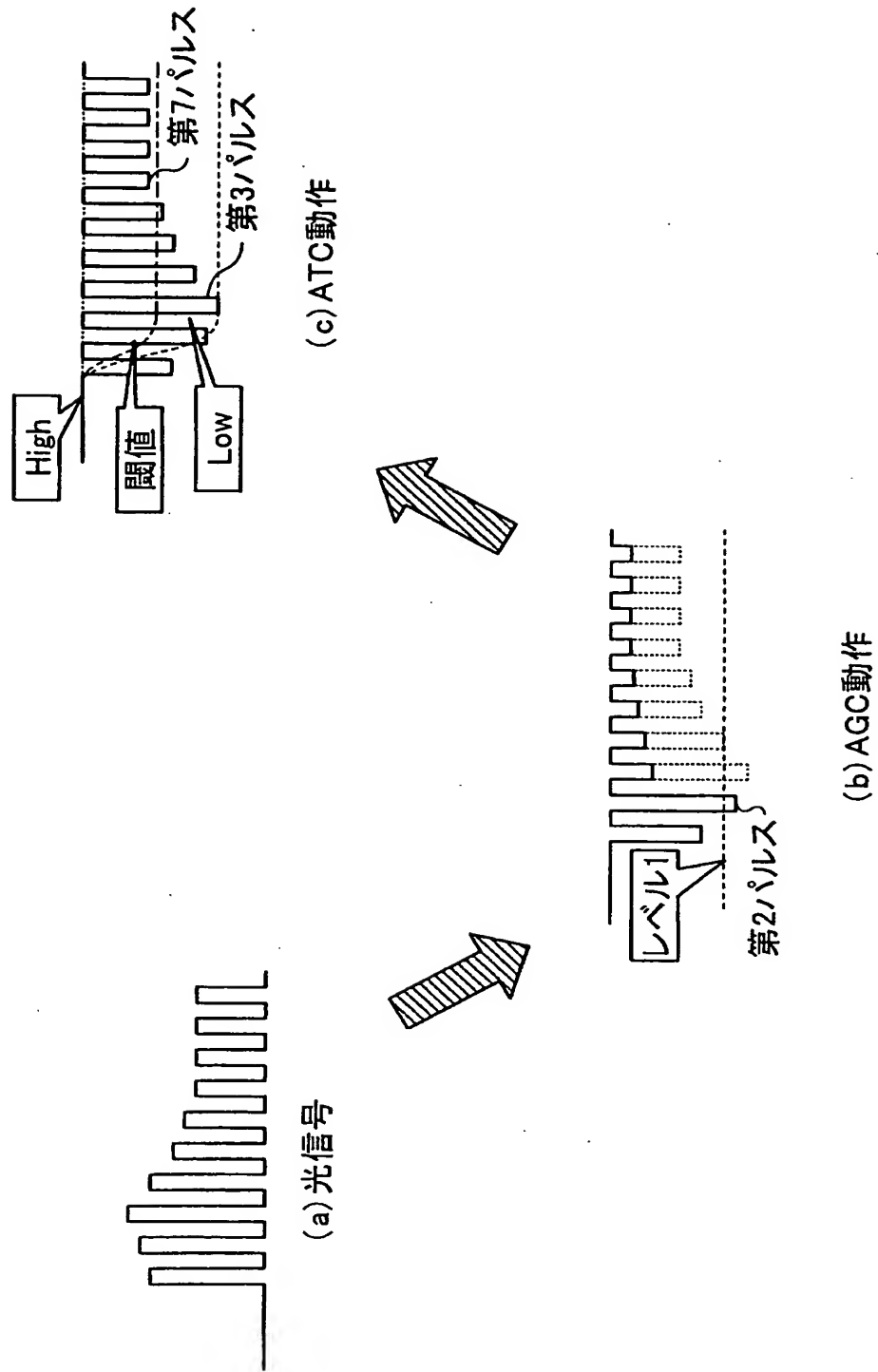
[図1]



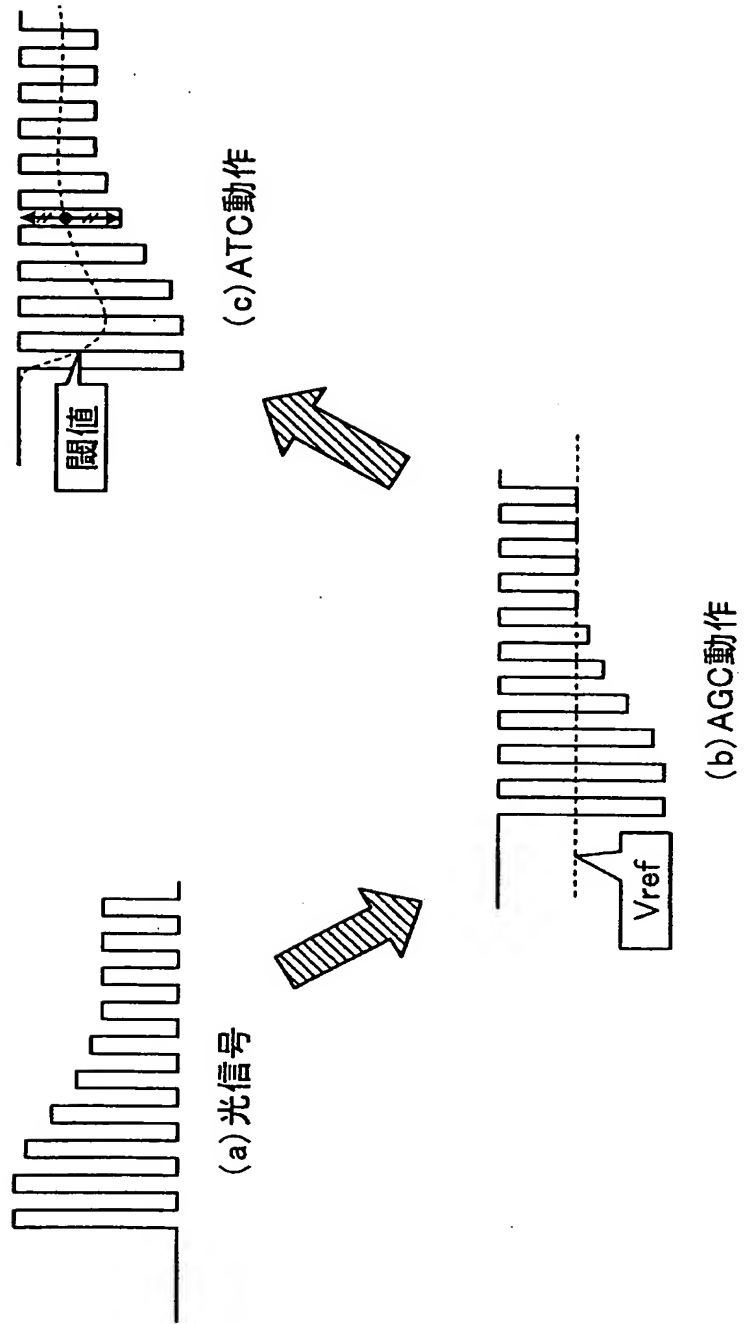
[図2-1]



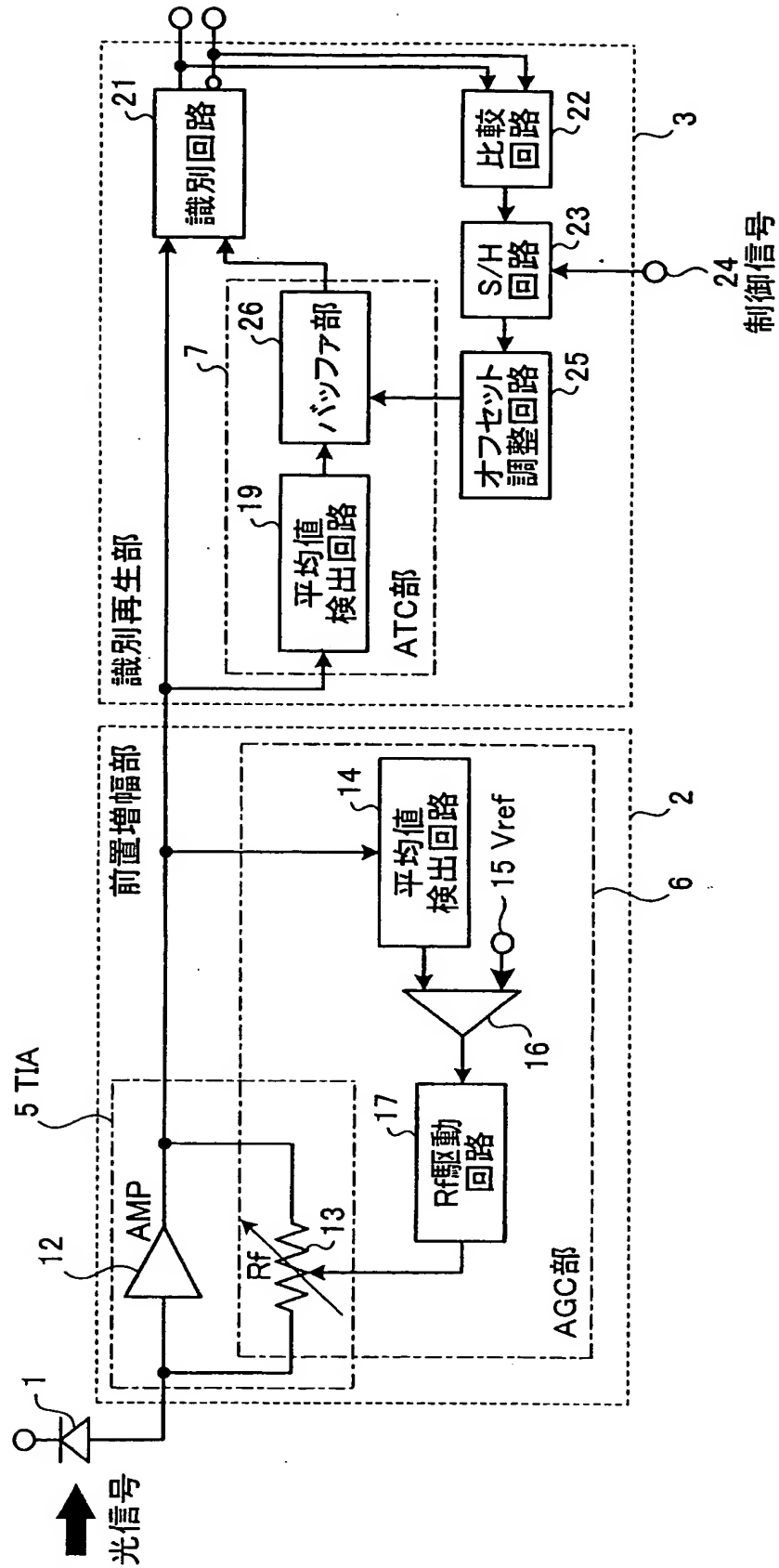
[図2-2]



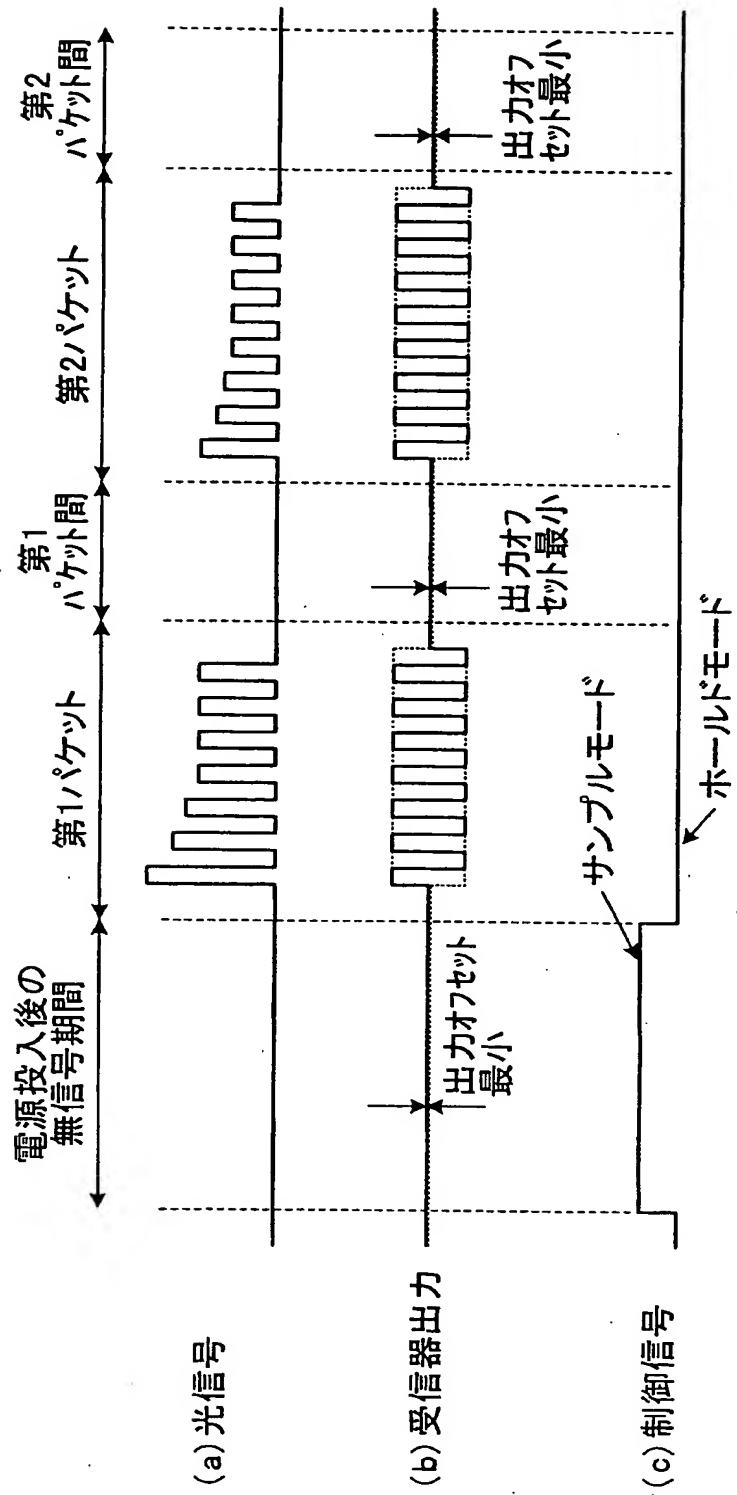
[図3]



[図4]



[図5]



[図6]

